

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК ПРИ ТОРМОЖЕНИИ ЧАСТОТНО-УПРАВЛЯЕМОГО МОСТОВОГО КРАНА

Збитнев П.В.¹, аспирант

Научный руководитель Неженцев А.Б.², канд. техн. наук, доцент

¹*Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля*

²*НТУ Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Анализ тормозных процессов мостовых кранов с частотно-управляемым электроприводом передвижения показал, что в зависимости от изменения таких факторов как шаг изменения частоты (h_q), время выдержки на одной частоте (T_p), скорость крана на которой отключается двигатель и срабатывает колодочный тормоз (V_r), динамические нагрузки на

металлоконструкцию крана S_m и груз S_k , а также время торможения крана t_r могут как значительно снижаться, так и существенно расти.

С целью определения зависимостей динамических нагрузок при торможении крана с частотным управлением от указанных факторов было проведено исследование на примере мостового крана г/п 20 т, представленного в виде трехмассовой модели, движение которой описывается нелинейными дифференциальными уравнениями второго порядка [1-3]. С помощью теории планирования эксперимента были построены уравнения регрессии максимальных динамических нагрузок S_m и S_k , а также времени торможения крана t_r при торможении частотно-управляемого крана по закону управления, описанным в работах [4-5]. Уровни и интервалы варьирования факторов T_p , $h_{\text{ч}}$, V_r приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Уровни и интервалы варьирования факторов T_p , $h_{\text{ч}}$, V_r

Факторы	T_p , с	$h_{\text{ч}}$, Гц	V_r , м/с
Код (Z_i)	Z_1	Z_2	Z_3
Основной уровень (код 0)	0,2	1,5	0,6
Интервал варьирования (ΔZ_i)	0,025	1,0	0,4
Верхний уровень (код +1)	0,225	2,5	1,0
Нижний уровень (код -1)	0,175	0,5	0,2
Звездная точка (код +0,5)	0,2125	2,0	0,8
Звездная точка (код -0,5)	0,1875	1,0	0,4

После проверки значимости и отбрасывания незначимых коэффициентов уравнений регрессии, были получены следующие полиномы:

$$S_m^{\max} = -28,2 - 5,4Z_2 + 0,6Z_3 + 1,15Z_1Z_2 + 2,3Z_2Z_3 - 8,1Z_2^2 - 0,45Z_3^2; \quad (1)$$

$$S_k^{\max} = -13,5 + 1,25Z_1 - 6,0Z_2 - 0,5Z_3 + 0,6Z_1Z_2 - 2,2Z_2Z_3 - 1,1Z_2^2 - 0,15Z_3^2; \quad (2)$$

$$t_r = 6,3 + 0,8Z_1 - 5,3Z_2 - 0,7Z_3 - 0,7Z_1Z_2 - 0,3Z_1Z_3 + 1,6Z_2Z_3 + 4,26Z_2^2, \quad (3)$$

где Z_1 , Z_2 , Z_3 – кодированные значения факторов, соответственно, T_p , $h_{\text{ч}}$, V_r .

Уравнения регрессии (1-3) позволяют исследовать влияние каждого из факторов и их взаимодействие на максимальные динамические нагрузки и продолжительность переходного процесса. На рис. 1 показаны типовые графики зависимости максимальных динамических нагрузок на металлоконструкцию крана S_m и груз S_k от шага изменения частоты $h_{\text{ч}}$ частотного преобразователя при различных значениях выдержки на одной частоте T_p и скорости крана на которой отключается двигатель и работает колодочный тормоз V_r .

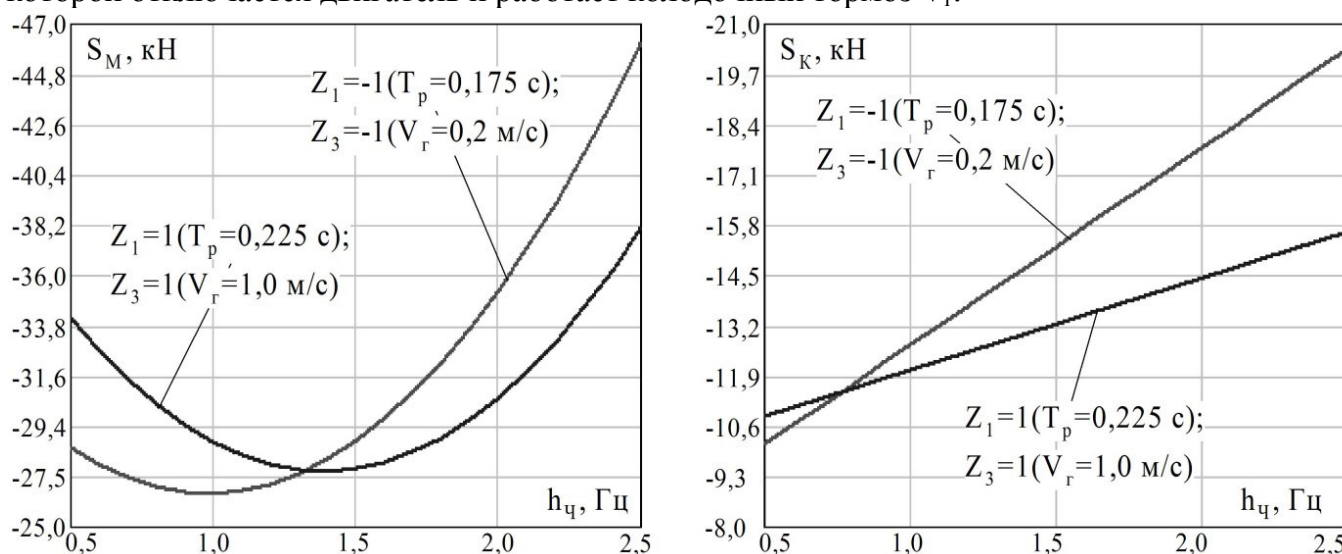


Рис. 1 Зависимость максимальных горизонтальных динамических нагрузок S_m и S_k от шага изменения частоты $h_{\text{ч}}$ частотного преобразователя

На рис. 2 приведены графики зависимости нагрузок S_M и S_K от скорости крана на которой отключается двигатель и работает колодочный тормоз V_r при различных значениях выдержки на одной частоте T_p и шага изменения частоты h_q . На рис. 3 показана зависимость времени торможения крана от шага изменения частоты h_q частотного преобразователя и скорости крана на которой отключается двигатель и срабатывает колодочный тормоз V_r .

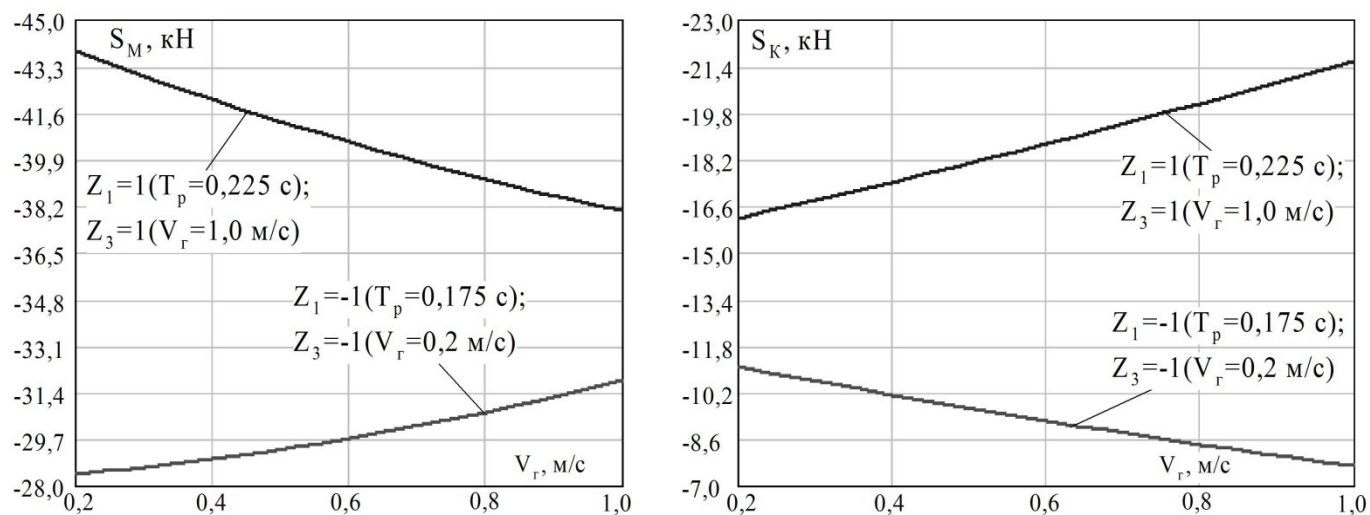


Рис. 2 Зависимость максимальных горизонтальных динамических нагрузок S_M и S_K от скорости крана на которой отключается двигатель и срабатывает колодочный тормоз V_r

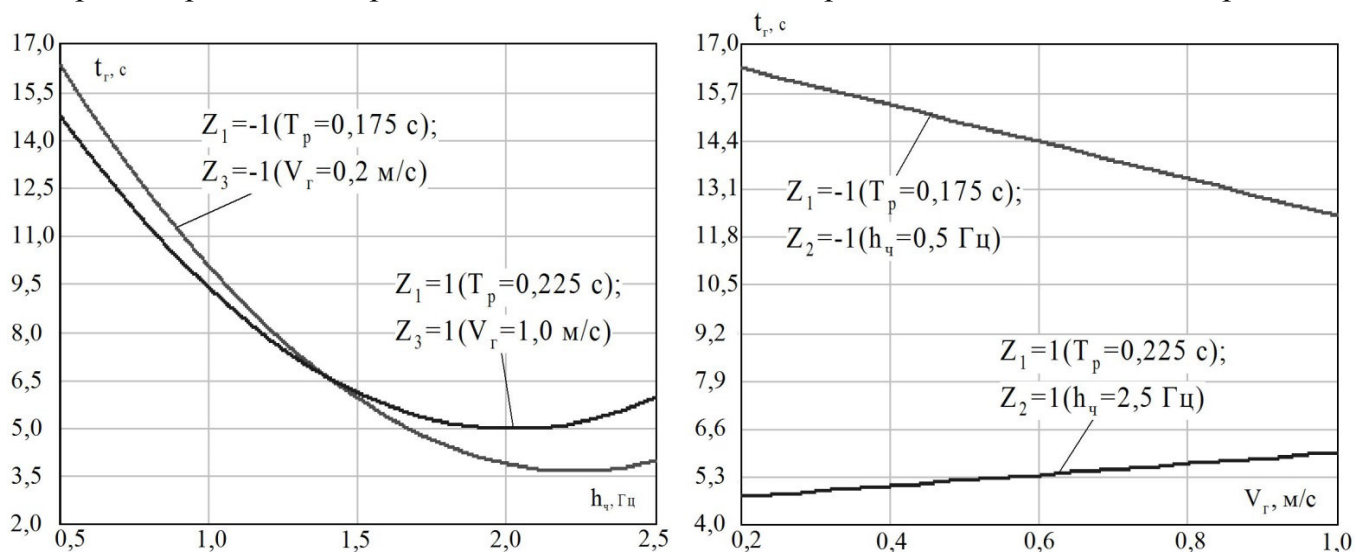


Рис. 3 Зависимость времени торможения крана t_r от шага изменения частоты h_q частотного преобразователя и скорости крана на которой отключается двигатель и срабатывает колодочный тормоз V_r

Анализ результатов проведенных исследований позволяет сделать выводы:

- при увеличении шага изменения частоты h_q динамические нагрузки S_M могут расти более чем на 60%, а S_K - вдвое. При этом время торможения крана t_r - уменьшается более чем в четыре раза;
- с увеличением времени выдержки на одной частоте T_p нагрузки S_M и S_K и торможении крана t_r могут как снижаться (при большом шаге изменения частоты h_q), так и расти (при маленьком шаге изменения частоты h_q) более чем на 20%;
- включение колодочного тормоза при разных скоростях передвижения мостового крана может как увеличивать максимальные динамические нагрузки S_M и S_K так и уменьшать их в зависимости от величины шага изменения частоты h_q . Это объясняется

тем, что при большом шаге изменения частоты $h_{\text{ч}}$ двигатель развивает средний тормозной момент, больше, чем момент колодочного тормоза, а при маленьком шаге - меньше.

- для снижения уровня максимальных динамических нагрузок на металлоконструкцию крана $S_{\text{м}}$ и груз $S_{\text{к}}$ при торможении частотно-регулируемым приводом передвижения мостового крана необходимо: устанавливать шаг изменения частоты $h_{\text{ч}}$ в интервале 1-1,25 Гц; время работы частотного преобразователя (время выдержки на одной частоте $T_{\text{р}}$) в процессе торможения должен приближаться к максимально возможному.

Литература

1. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов. - М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.
2. Будиков Л.Я. Многопараметрический анализ динамики грузоподъемных кранов мостового типа: Монография: – Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля, изд. 2-е, 2003. - 210 с.
3. Будиков Л.Я., Нгуен Н.К., Неженцев А.Б. Исследование динамики грузоподъемных кранов // Вестник машиностроения, №4. – М.: Машиностроение, 1981, – с. 39-42.
4. Збитнев П.В. Математическая модель приведенной силы электропривода крана с частотным управлением / П.В. Збитнев, А.Б. Неженцев // Молода наука. Технологія машинобудування: збірник наукових праць всеукраїнської науково-технічної конференції студентів і молодих вчених / за заг. ред. С. В. Ковалевського, д-ра техн. наук, проф. - Краматорськ: ДДМА, 2016. – С. 85-87.
5. Збітнєв П.В. Математична модель приведеної сили електропривода крана з частотним управлінням / П.В. Збітнєв, О.Б. Неженцев // Тези доповідей всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів «Інновації молоді - машинобудуванню». Секція «Машинобудування», підсекція «Прикладна механіка» / Укладач Горбатенко Ю.П. – К: НТТУ «КПІ», 2016. – С. 23-25.